

## **A higiénés talajnormák megállapításának elvi és módszertani kérdései (arzénmodellen)**

HORVÁTH AMANDA, SZABÓ ZOLTÁN és SZABADOS MÁRIA

Országos Közegészségügyi Intézet, Budapest

A talaj szennyezettségének megítélését nehezíti a különböző komponensekre vonatkozó határértékek hiánya. Ez indokolja, hogy 1976-tól KGST együttműködés keretében foglalkozunk a higiénés talajnormák kidolgozásának elvi és gyakorlati kérdéseivel. A higiénés talajnormák a talaj összetevőinek azon értékei, amelyek a legkedvezőtlenebb körülmények között is biztosítják az ártalom megelőzését. A higiénés norma az optimális szint, amely általában alacsonyabb, mint a műszaki-gazdasági feltételeket figyelembe vevő gyakorlati határérték.

### **A talajnormák kidolgozásának elvi szempontjai**

A talajban levő káros anyagok az esetek döntő többségében a talajjal közvetlen kapcsolatban levő közvetítő közegek útján jutnak az emberi szervezetbe. A talajnormák kidolgozásának elméleti alapjai ezért eltérnek a vízre, a környezeti levegőre és az élelmiszerekre vonatkozó határértékek meghatározásának kritériumaitól. Az ártalmak kialakulásában a következő kapcsolatok a legfontosabbak: talaj-növény-ember, talaj-növény-állat-ember, talaj-víz-ember, talaj-levegő-ember. A normák megállapítása során, a fentiekből következően, a növényben, a vízben és a levegőben létrejövő szennyezettséget szükséges figyelembe venni.

Közegészségügyi szempontból is alapvető jelentőséget tulajdonítunk a talajban végbemenő biológiai folyamatoknak. Ezért a talajnormák megállapítása során, a fentiekén túlmenően, vizsgálni szükséges, hogy milyen hatással van az adott komponens az anyagcsere-körforgásban résztvevő talaj-mikroorganizmusok tevékenységére, mennyiségére.

Az előbbieken felsorolt folyamatok és hatások bekövetkezésének valószínűsége annál nagyobb, minél hosszabb ideig marad meg a talajban bomlatlan állapotban az adott komponens, ezért a perzisztencia ismerete elengedhetetlen.

A talaj károsanyag-tartalmára visszavezethető levegő-, víz- és növényi szennyezés értékelésénél mindig az érvényben levő határértékeket vesszük alapul. Határértékek hiányában a vizsgálandó anyag, ill. alkatrész toxikológiai minősítése is szükséges.

A fentieket összefoglalva, a talajnormák kidolgozását az alábbi kritériumokra alapozzuk:

- toxikusság;
- perzisztencia;
- vízszennyezés (vízmigráció);
- levegőszennyezés (levegőmigráció);
- növényi felvétel (transzlokáció);
- talaj-mikroorganizmusokra gyakorolt hatás.

A higiénés normákkal szemben támasztott alapvető követelmény, hogy extrém körülmények között is biztonságot kell nyújtaniuk az emberi egészség megővésére. A normakidolgozás kísérleti metodikáját tehát úgy kell megválasztani, hogy a természetben előforduló, higiénés szempontból legkedvezőtlenebb feltételeket képviselje. A kísérletekben alkalmazott talajnak így a maximális migrációt és transzlokációt kell biztosítania. Ennek a követelménynek a szerves és szervetlen kolloidokat csak kis mennyiségben tartalmazó könnyű homoktalaj felel meg [6].

A talaj komponensei akkor jutnak legkönnyebben a transzfer közegekbe, ha vízben oldható állapotban vannak. A kísérleti rendszerekbe ezért a vizsgálandó komponenst vizes oldatban, ha vízben nem oldódik, más oldószerben oldva szükséges bevenni [7].

A talajnormákat két lépésben célszerű kidolgozni. Az első munkafázisban modellkísérletekkel a limitáló, a normát meghatározó közeget és az ehhez tartozó tájékoztató normát állapítjuk meg. A második munkaszakaszban az így kapott értéket természetes körülmények között ellenőrizve meghatározzuk az adott komponens normáját.

### A higiénés talajnorma megállapításának módszere (arzenmodellen)

Hazánkban mezőgazdasági területen, valamint ipari üzemek területén és környezetében nagy arzéntartalmakat mértünk a talajban. Ez indokolta, hogy a KGST munkamegosztás keretében az arzén talajnormájának kidolgozását vállaltuk, a korábbiakban felsorolt kritériumok alapján.

Az arzénre rendelkezünk ivóvíz, környezeti levegő és növényi határértékekkel [5, 10], ezért toxikológiai vizsgálatok elvégzése nem volt szükséges. Nem foglalkoztunk a perzisztencia megállapításával, mert az arzén nem bomlik a talajban. A talajból a levegőbe gázhalmazállapotú arzénvegyületek erősen redukáló körülmények között juthatnak. WOOLSON [9] és WOOD [8] vizsgálatai szerint az ilyen feltételek mellett képződő metil- és etil-arzén-vegyületek egy év alatt csak a talaj eredeti arzéntartalmának 1—2%-át teszik ki. Ebből következik, hogy a környezeti levegő határértéket meghaladó szennyezése kis arzénkoncentrációk mellett nem várható, ezért vizsgálataink a levegőmigráció tanulmányozására nem terjedtek ki.

Az arzén higiénés talajnormájának megállapításához tanulmányoztuk a vízmigrációt, a növényi transzlokációt és a talaj-mikroorganizmusokra gyakorolt hatást. A vizsgálatok elvégzéséhez kísérleti modellrendszereket vezettünk be, és kidolgoztuk a kapott eredmények értékelésének módját.

#### *Vízmigráció*

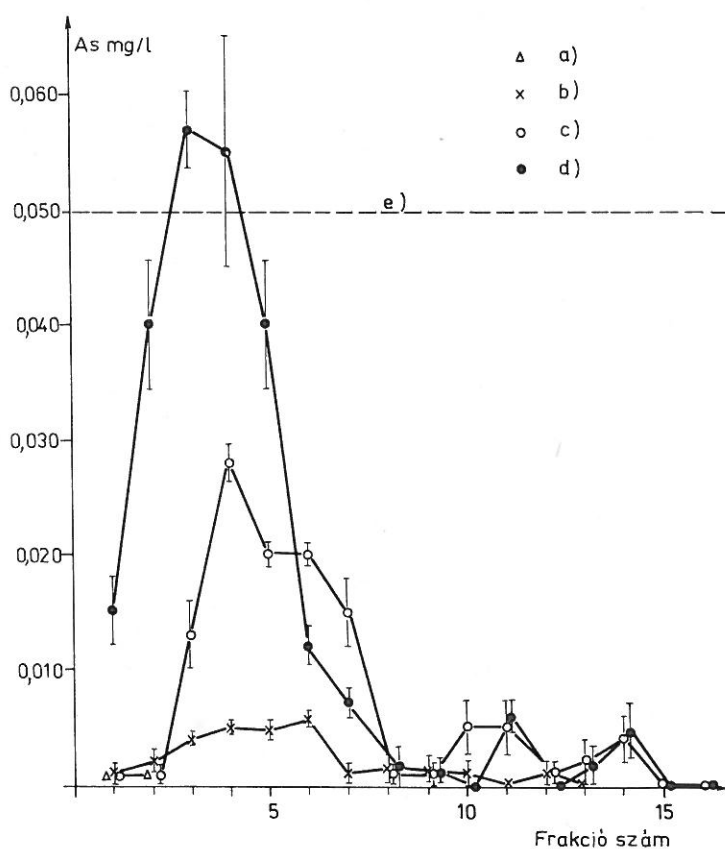
Különböző talajszennyező anyagokkal korábban végzett vizsgálatainknál a laboratóriumi talajoszlopmodelleket sikerrel alkalmaztuk a talajvízszennyező hatás megközelítő értékelésére [2, 3, 4]. Az itt szerzett tapasztalatok alapján az arzén vízmigrációjának tanulmányozásához

100 cm magas homokoszlopokat használtunk, amelyeknek felső 20 cm-es rétegébe vittük be a szennyezést. Extrakciós előkísérleteink azt mutatták, hogy a munkakonzentrációkat 50 mg/kg alatt szükséges megválasztani, ezért a talajt 5 mg/kg, 15 mg/kg és 25 mg/kg arzéntartalomra szennyeztük. A homokoszlopokon napi 20 mm csapadéknak megfelelő vizet szivárogtattunk át 75 alkalommal, és az átfolyt vizet az arzéntartalom meghatározására frakciókban gyűjtöttük. Minden egyes koncentrációra 3 párhuzamos kísérletet végeztünk.

A mérések átlageredményeit bemutató 1. ábrán látható, hogy az átszivárgó vízben ivóvíz-határértéket meghaladó arzéntartalmat csak 25 mg/kg arzénszennyezés esetén mértünk. A talaj ennél alacsonyabb arzéntartalma az átszivárgó vízben nem okozott szennyezést.

*A vízmigrációs kísérletek eredményei szerint 15 mg/kg arzéntartalom a talajban megengedhetőnek látszott.*

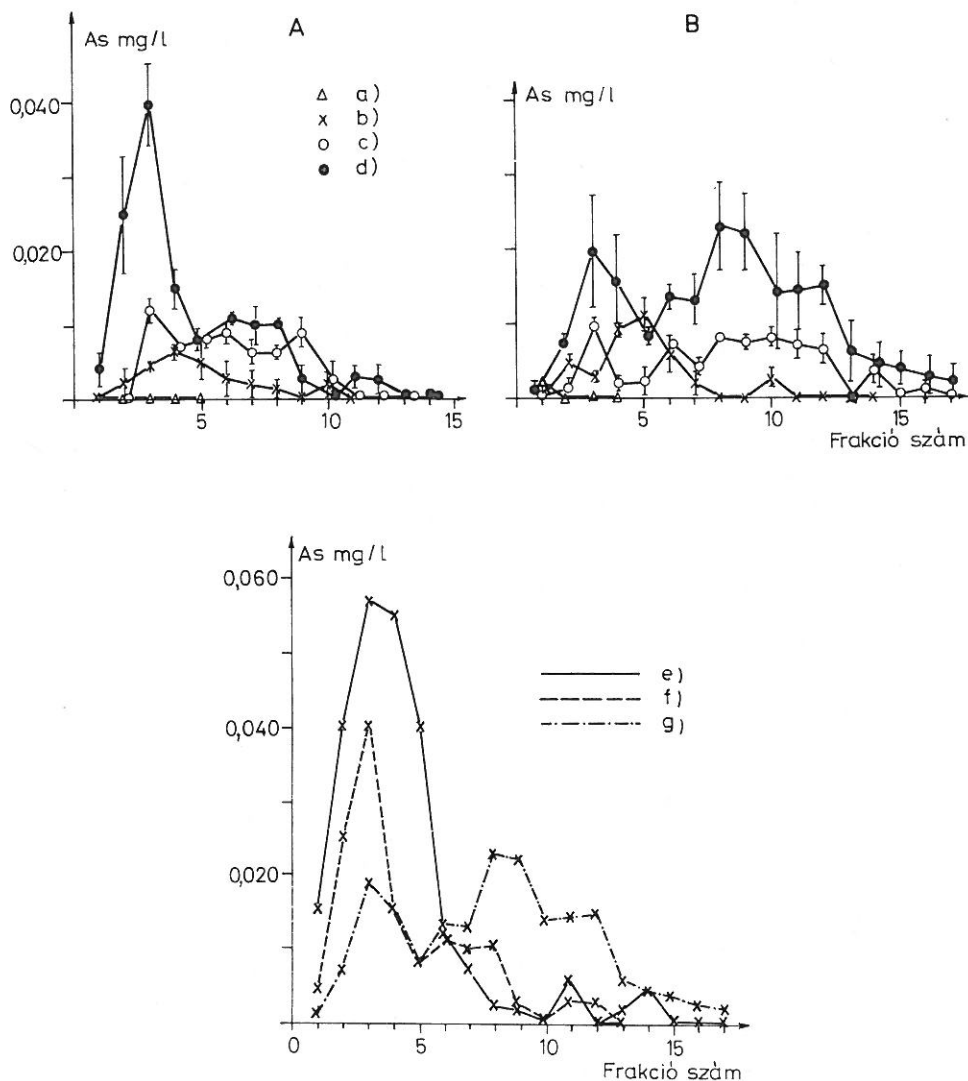
Kiegészítő kísérleteket végeztünk 10% montmorillonit- és 7,1% humusztartalmú talajjal azonos kísérleti feltételek mellett. Az így kapott eredmények szerint (2. ábra) a szervetlen és szerves kolloidokat nagyobb mennyiségben tartalmazó talajoknál még 25 mg/kg arzénszeny-



1. ábra

Különböző arzénszennyezettségű homokon átfolyt vízfrakciók arzénkoncentrációjának időbeli alakulása. a) kontroll; b) 5 mg As/kg; c) 15 mg As/kg; d) 25 mg As/kg; e) ivóvíz-határérték

nyezésénél sem mértünk ivóvíz-határértéket meghaladó arzénkoncentrációt az átszivárgó vízben. Összehasonlítva az arzénkimosódás dinamikáját a különböző töltetű oszlopokon (2. ábra) látható, hogy az agyagásvány-tartalom az eluált arzén mennyiségét csökkenti, míg a magasabb humusztartalom a kioldást elhúzódná teszi.



2. ábra

Különböző összetételű talajoszlopokon átfolyt vízfrakciók arzénkoncentrációjának időbeli változása. A. 10% montmorillonitos homok. B. 7,1% humuszos homok. a) kontroll; b) 5 mg As/kg; c) 15 mg As/kg; d) 25 mg As/kg; e) homokoszlop; f) 10% montmorillonitos homok; g) 7,1% humuszos homok

### *Növényi felvétel (transzlokáció)*

Közegészségügyi szempontból azon élelmezési célokat szolgáló növények vizsgálata fontos, amelyek az emberi étrendben viszonylag nagy mennyiséggel szerepelnek. FERENCIK [1] kimutatta, hogy a gabonafélék arzénfelvétele kisebb mértékű, mint a gumós növényeké. A gumós növények transzlokációja alapján megállapított megengedhető talaj-arzéntartalom, ennek alapján, a gabonafélékre is kellő biztonságot nyújt. A fentiek szem előtt tartásával az arzén növényi felvételének tenyészedény-kísérleteihez burgonyát, sárgarépát és hónapos retket, valamint kiegészítésképpen paradicsomot használtunk. A növényeket homoktalajon és bányahomokon termesztettük, amelyben a legfontosabb tápanyagokat az MTA Agrokémiai és Talajtani Intézete által javasolt mennyiségű műtrágya bevitelével biztosítottuk.

A vízmigrációs vizsgálat alapján 15 mg/kg arzéntartalom nem bizonyult károsnak. A transzlokációs vizsgálatnak így arra kellett választ adnia, hogy 15 mg/kg, ill. ennél kisebb talaj-arzéntartalom okoz-e a növényekben szennyezést. Ebből kiindulva, mind a bányahomokon, mind a homoktalajon 2 mg/kg, 5 mg/kg, 10 mg/kg és 15 mg/kg arzénszennyezéssel végeztünk kísérleteket 4—4 ismételten.

Az emberi fogyasztásra használt terményben meghatároztuk az arzéntartalmat. Matematikai-statisztikai módszerrel a növény és a talaj arzéntartalma között összefüggést kerestünk. Az elemzések szerint az általunk vizsgált koncentrációtartományban az összefüggés exponenciális függvénnyel volt a legjobban megközelíthető a burgonya, a sárgarépa és a retek esetében (3. és 4. ábra). A paradicsom és a talaj arzéntartalma között szignifikáns összefüggést nem tudtunk megállapítani. A korrelációs együtthatók értékei, valamint a számított függvények a burgonya esetében mutatták a legszorosabb összefüggést és az intenzív arzénfelvételt. Az egyenletek alapján számítottuk és az ábrákra bejelöltük az 1 mg/kg növényi arzénhatárértéknek megfelelő talaj-arzéntartalmakat, amely burgonyánál alacsony, 7,26 mg/kg és 6,44 mg/kg értékeknek adódott.

*A transzlokációs vizsgálatok alapján, tekintve véve a burgonya étrendünkben betöltött szerepét is, a talaj higiénés szempontból megengedhető arzéntartalma 6—7 mg/kg-nak vehető.*

### *A talaj-mikroorganizmusokra gyakorolt hatás*

Az arzén hatását a talaj mikrobiológiai állapotára a  $\text{CO}_2$ -produkció és a dehidrogenáz-aktivitás, valamint az összcsíraszám, a *Streptomyces*-ek, az ammonifikáló, a nitrifikáló és denitrifikáló mikroorganizmusok segítségével tanulmányoztuk. A talajmintákat 10 mg/kg, 25 mg/kg, 50 mg/kg, 75 mg/kg és 100 mg/kg arzéntartalomra szennyeztük. A fermentatív aktivitási vizsgálatokat 4, míg a többi meghatározást 3 párhuzamos minta feldolgozásával készítettük. A kísérleteket 75 napig folytattuk. Az arzén hatását a kontrollhoz viszonyított szignifikáns differencia alapján értékeltük.

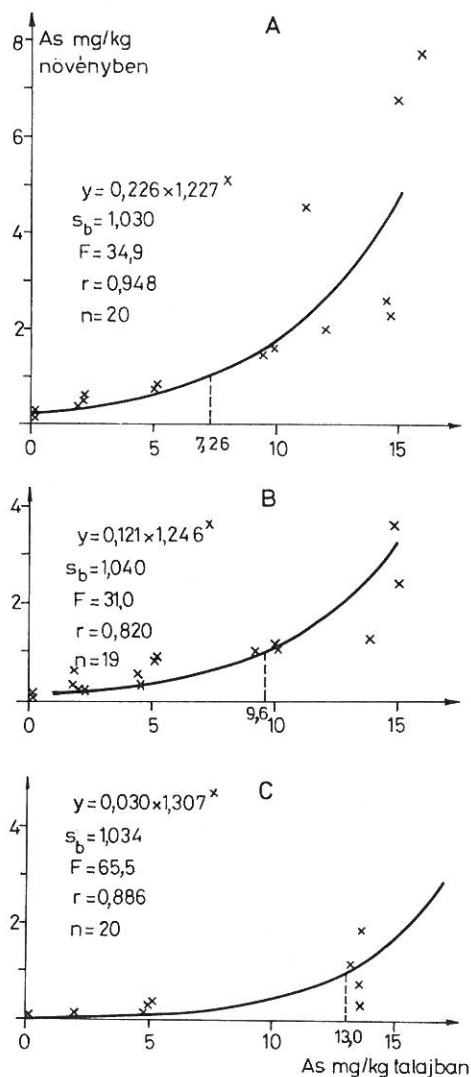
A  $\text{CO}_2$ -produkció-meghatározások átlagértékeit a megfelelő kontroll százalékában kifejezve az 5/A. ábrán mutatjuk be. A 10 mg/kg és 25 mg/kg arzéntartalomra kapott viszonyszámok átmeneti stimulációs hatásra engednek következtetni. A 60. naptól azonban 25 mg/kg arzénkoncentráció a talaj  $\text{CO}_2$ -produkcióját szignifikánsan csökkentette.

Az 5/B. ábrán a dehidrogenáz-aktivitás kontrollhoz viszonyított eltérését szemléltettük. A dehidrogenáz-aktivitást az arzén még 10 mg/kg koncentrációban is szignifikánsan csökkentette a 45. kísérleti napig, de a további időben csak 25 mg/kg és ennél nagyobb arzéntartalom okozott szignifikáns gátlást.

Az összcsíraszám alakulását az 5/C. ábrán feltüntetett görbék mutatják. Szignifikáns csökkenést 50 mg/kg és ezt meghaladó arzénkoncentráció esetében tapasztaltunk. 10 mg/kg és 25 mg/kg arzéntartalom átmeneti serkentő hatást eredményezett.

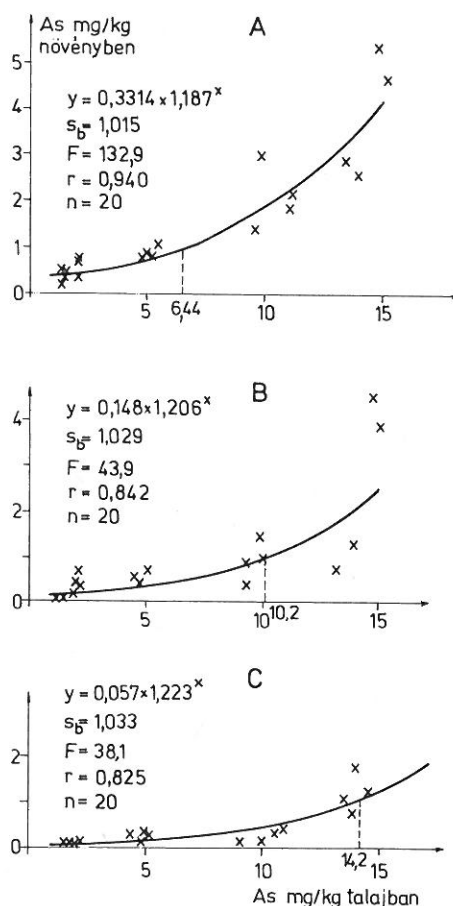
A talaj arzéntartalmára legérzékenyebben a nitrifikáló mikroorganizmusok reagáltak (5/D. ábra). Minden alkalmazott arzénkoncentráció gátlást eredményezett, de szignifikáns eltérést a 75. kísérleti napon csak 25 mg/kg és ennél nagyobb arzéntartalmaknál mutattunk ki.

A *Streptomyces*-eknél 75 mg/kg, az ammonifikálók esetében 50 mg/kg arzénkoncentrációnál tapasztaltunk szignifikáns csökkenést a mikroorganizmusok számában. Legellenállóbb-



3. ábra

Mesterségesen szennyezett bányahomokon termesztett növények és a talaj arzéntartalmának összefüggése. A. Burgonya. B. Sárgarépa. C. Hónapos retek



4. ábra

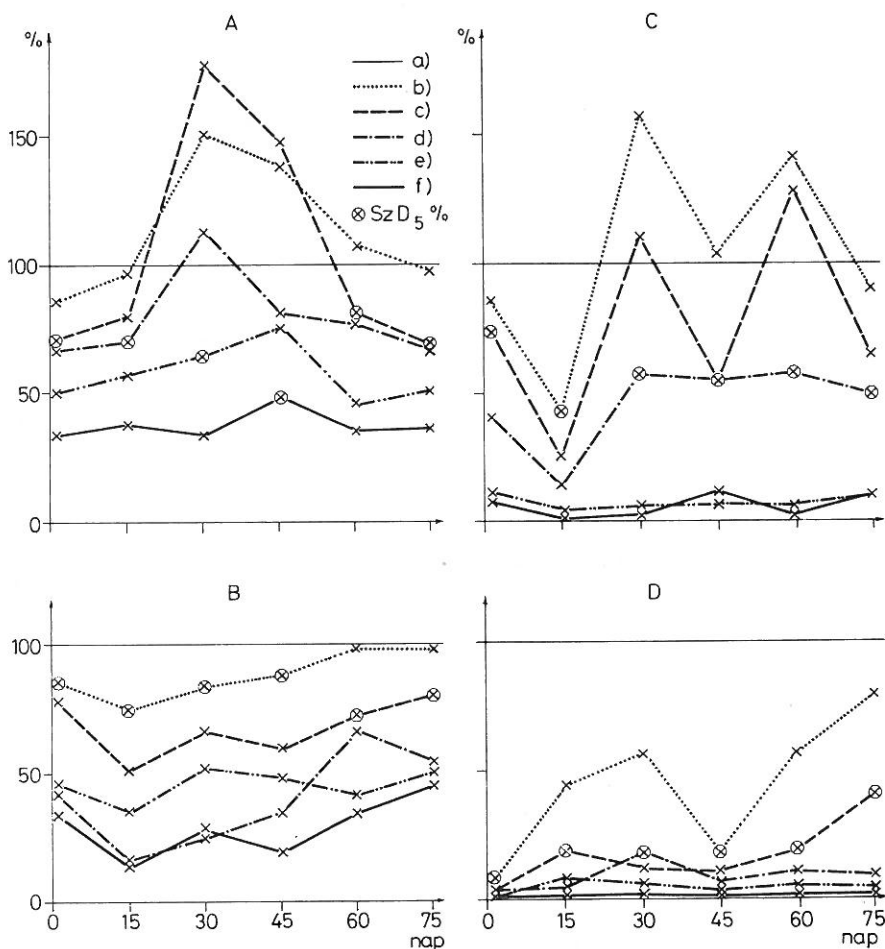
Mesterségesen szennyezett homoktalajon termesztett növények és a talaj arzéntartalmának összefüggése. A—C.: lásd 3. ábra

nak a denitrifikálók bizonyulták, mert számuk csak 100 mg/kg arzénszennyezésnél csökkent szignifikánsan.

A vizsgált mikrobiológiai paraméterek alapján a 25 mg/kg arzénkoncentrációt a talajban károsnak, a 10 mg/kg-ot megengedhetőnek ítéljük.

### Területi vizsgálatok

A modellkísérletek eredményei szerint a növényi felvétel az a folyamat, amely az arzén-talajnorma megállapításánál mint legszigorúbb korlátozó — limitáló — tényező jelentkezik, 6–7 mg/kg legkisebb értéket adva megengedhető koncentrációként. Ennek megfelelően

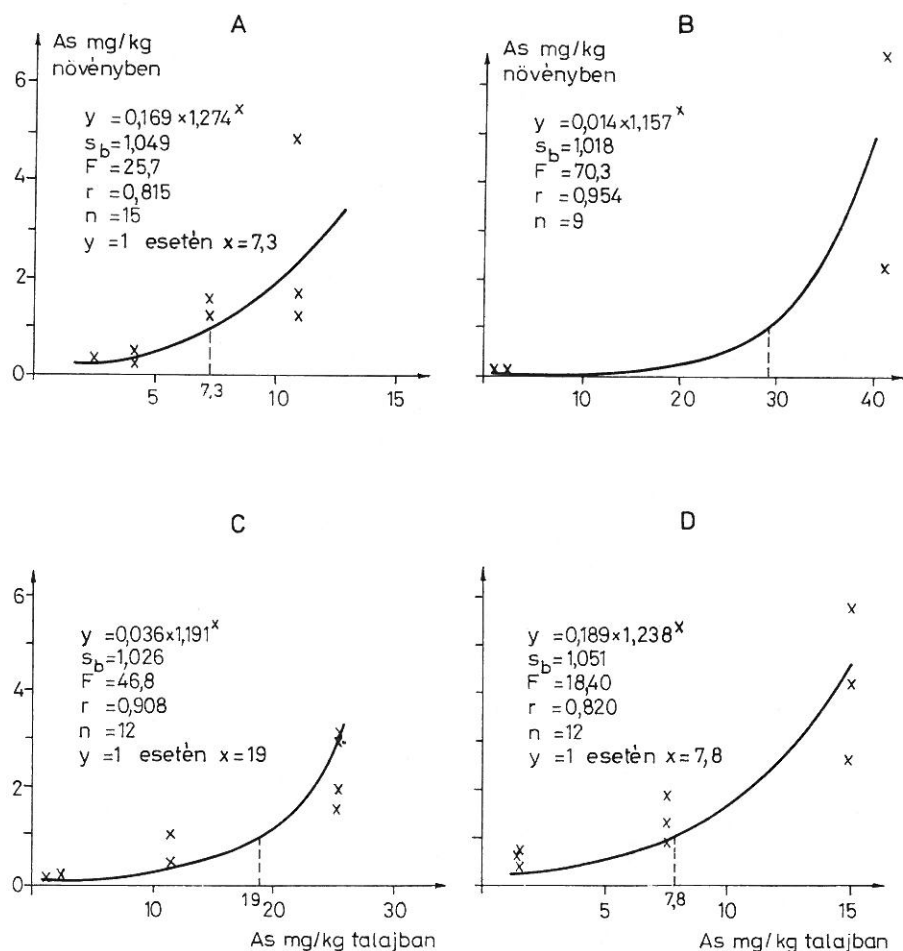


5. ábra

A CO<sub>2</sub>-termelés (A), a dehidrogenáz-aktivitás (B), az összcsíraszám (C) és a nitrifikáló mikroorganizmusok számának (D) alakulása különböző arzénszennyezettségű, gyengén humuszos homoktalajban 75 nap alatt. a) kontroll; b) 10 mg As/kg; c) 25 mg As/kg; d) 50 mg As/kg; e) 75 mg As/kg; f) 100 mg As/kg

a tenyészedény-kísérletekben kapott eredményeket kellett természetes körülmények között ellenőriznünk. A vizsgálatokat homoktalajon, Bugac-Alsómonostor arzénrel szennyezett területén végeztük. Különböző helyekről burgonya-, sárgarépa-, petrezselyemgyökér-, valamint fűmintákat és ezek származási helyéről talajmintákat vettünk az arzéntartalom meghatározására. Regresszió-analízissel elemeztük a növény és a talaj arzéntartalmának összefüggését a modellkísérletekben alkalmazott exponenciális függvény alapján (6. ábra).

A görbe alapján a burgonya 1 mg/kg arzéntartalmára számított talaj-arzénkoncentráció 7,3 mg/kg-nak adódott, ami bányahomokon kapott 7,26 mg/kg értékkel nagyon jó egyezést mutatott. A fűminták vizsgálati eredményeiből számított, előbbieknél megfelelő arzéntartalom a burgonyánál kapotthoz közel eső 7,8 mg/kg értéket mutatott. A petrezselyemgyökér a talaj



6. ábra

Bugac—Alsómonostorról származó növények és a talaj arzéntartalmának összefüggése.

A. Burgonya. B. Sárgarépa. C. Petrezselyemgyökér. D. Fű.



megengedhető arzénkoncentrációjaként 19 mg/kg-ot jelzett. A sárgarépminták származási helyén a talaj arzéntartalma 3 mg/kg és 41 mg/kg volt. A két értékre számított görbe nem szolgált kellő alapul a fentiekhez hasonló érték megadásához.

### Összefoglalás

Az elvégzett vizsgálatok alapján az arzén talajhigiénés normájaként a burgonyára modellkísérletekben kapott és területi mérésekkel megerősített 7 mg/kg arzénkoncentrációt javasoljuk elfogadni. A kidolgozott norma homoktalajok higiénés megítélésére közvetlenül alkalmazható. Erősebb szorpciós tulajdonságú, kötöttebb, ill. humuszt 1,5%-nál nagyobb mennyiségben tartalmazó talajokra, további tapasztalatok birtokában, a normánál esetleg nagyobb határértékek is megengedhetők lehetnek.

### Irodalom

- [1] FERENCIK, M., HAVELKA, B. & HALASA, M.: Vplyv arsenovych exhalatov z. ENO na nikotoré zlozky zivotneho prostredia v exponovanej oblasti. Cs. Hyg. **12**. 73—81. 1967.
- [2] HORVÁTH A.: Növényvédőszeres talajhigiénés kérdései. Az Országos Közegészségügyi Intézet működése az 1973. évben. Budapest. 247—262. 1975.
- [3] HORVÁTH A.: Gépipari iszapok talajszennyező hatásának vizsgálata. Gépgyártástechnológia. **XVII**. 150—154. 1977.
- [4] HORVÁTH A., DEÁK ZS., & SCHIEFNER K.: Híganytartalmú csávézőszeres kimutatása talajban és talajvízben. Egészségtudomány. **16**. 53—62. 1972.
- [5] MSZ 450/1—79. Ivóvíz. Minősítés fizikai és kémiai vizsgálat alapján.
- [6] Protokoll szovescsanyija szpecialisztov sztran-cslenov SZEZ po teme II. 3. „Gigiena pocsvi” g. Jerevan. 1978.
- [7] Protokoll szovescsanyija szpecialisztov sztran-cslenov SZEZ po teme II. 3. „Gigiena pocsvi” g. Moszkva. 1979.
- [8] WOOD, J. M.: Biological cycles for toxic elements in the environment. Science. **183**. 1049. 1974.
- [9] WOOLSON, E. A., AXLEY, J. H. & KEARNEY, P. C.: The chemistry and phytotoxicity of arsenic in soils. I. Contaminated soils. Soil Sci. Amer. Proc. **35**. 938—943. 1971.
- [10] 4/1978. (VI. 25.) Eü.M. sz. rendelet az élelmiszerek ártalmas vegyi szennyeződéseknek elhárításáról. Egészségügyi Közölny. (17) 689—694. 1978.